

**Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor**

1 Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 Stand der Technik

Aus der DE 195 39 885 A1 ist bereits eine Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor bekannt, die eine Kraftstoffförderpumpe und eine dazu in Reihe geschaltete Kraftstoff-Hochdruckpumpe aufweist, um unter Hochdruck stehenden Kraftstoff von der Hochdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe über eine Druckleitung, einen Speicherraum und Ventilleitungen zu Einspritzventilen zu liefern, von denen jedes Kraftstoff direkt in eine der Brennkammern des Verbrennungsmotors einspritzt. Die Kraftstoffförderpumpe, deren Ausgangsseite mit der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe über eine Druckleitung verbunden ist, liefert unter Vordruck stehenden Kraftstoff an die Kraftstoff-Hochdruckpumpe.

1 Um den Vordruck in der Druckleitung auf einem gewünschten Wert zu halten, ist an die Druckleitung ein Druckbegrenzungsventil über ein 2/2-Wegeventil angeschlossen, das die Verbindung zwischen Druckleitung und Druckbegrenzungsventil  
5 sperrt oder freigibt.

Um die geringe Förderleistung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe während der Startphase des Verbrennungsmotors auszugleichen und gegebenenfalls die hochdruckseitige Druckleitung und den  
10 daran anschließenden Speicherraum zu spülen, so dass während des Stillstands des Verbrennungsmotors entstandene Gasblasen entfernt werden können, ist parallel zur Kraftstoff-Hochdruckpumpe eine Durchlasseinrichtung vorgesehen, die die Niederdruckseite und die Hochdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe miteinander verbindet. Um den Vordruck in der niederdrukseitigen Druckleitung während der Startphase gegenüber dem Vordruck während des normalen Betriebs auf 8 bis  
15 10 Bar zu erhöhen, kann das 2/2-Wegeventil geschlossen werden, so dass aus der Druckleitung kein Kraftstoff abfließen kann. Der während der Startphase erhöhte Vordruck ermöglicht einerseits eine Spülung der Kraftstoffzuführleitungen zum Beseitigen von Gasblasen und andererseits eine Komprimierung von Gasblasen, sowie eine für einen Startvorgang geeignete hohe Förderleistung.  
25

Während des normalen Betriebs des Verbrennungsmotors wird der Einspritzdruck im Speicherraum von der Kraftstoff-Hochdruckpumpe erzeugt und durch ein steuerbares Druckregelventil auf einen entsprechenden Wert begrenzt. Das Druckregelventil ist hierfür über eine Rücklaufleitung mit der Niederdruckseite verbunden.  
30

Eine Begrenzung der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe erfolgt dabei allenfalls durch eine gewisse Kühlung mittels des die Kraftstoff-Hochdruckpumpe durchströmenden Kraftstoffstroms, so dass nicht zuverlässig verhindert werden kann, dass sich die Kraftstoff-Hochdruckpumpe so erwärmt,  
35

- 1 dass ihre Temperatur die kritische Betriebstemperatur, also  
die Temperatur übersteigt, bei der bei gegebenen Vordruck  
eine Kraftstoffdampfblasenbildung beginnt.
- 5 Bei einer anderen Kraftstoffzuführvorrichtung, bei der eine  
Kraftstoff-Hochdruckpumpe zur Versorgung von Direkt-Ein-  
spritzventilen von einer Kraftstoffförderpumpe mit unter  
Vordruck stehendem Kraftstoff versorgt wird, ist vorgesehen,  
dass die Förderseite der Kraftstoffförderpumpe mit der  
10 Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe verbindende  
Druckleitung über ein variables Drosselventil mit einem er-  
sten Druckbegrenzungsventil für einen ersten, relativ nie-  
drigen Druck, z.B. 3 Bar, und direkt mit einem zweiten  
Druckbegrenzungsventil für einen relativ hohen Vordruck von  
15 z.B. 9 Bar verbunden ist. Das variable Drosselventil weist  
dabei einen Strömungswiderstand auf, der mit steigender  
Durchflussrate überproportional ansteigt, so dass der Vor-  
druck in der Druckleitung durch die Förderleistung der  
Kraftstoffförderpumpe eingestellt werden kann.

20

Um bei einem Ansteigen der Kraftstofftemperatur Dampfblasen-  
bildung in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zu verhindern, ist  
es bei dieser Kraftstoffzuführeinrichtung möglich, durch Er-  
höhen der Förderleistung der Kraftstoffförderpumpe den Vor-  
25 druck so anzuheben, dass er größer wird als der temperatur-  
abhängige Dampfdruck des Kraftstoffs in der Druckleitung.

Auf diese Weise lässt sich zwar die Dampfblasenbildung im  
Kraftstoff und damit ein Abfall der Förderleistung der  
30 Kraftstoff-Hochdruckpumpe verhindern, der zur Folge hätte,  
dass kein Hochdruckaufbau mehr möglich wäre. Allerdings wird  
die Kraftstoffförderpumpe durch einen derartigen Betrieb er-  
heblich strapaziert, was zu einer verringerten Lebensdauer  
führt.

35

Um einen Stellmotor einer Drosselklappenstelleinheit zu kühl-  
len, ist es aus der DE 38 36 507 A1 bekannt, aus dem Kühl-

1 wasserkreislauf des Verbrennungsmotors einen Kühlwasserstrom für den Stellmotor abzuleiten.

#### Vorteile der Erfindung

5

Die Kraftstoffzuführvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass mit Hilfe des Kühlmittelstroms die Kraftstoff-Hochdruckpumpe auf einem Temperaturniveau gehalten werden kann, das unterhalb einer 10 kritischen Betriebstemperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe liegt. Hierfür sind ein oder mehrere geeignete Kühlkanäle vorzusehen, die einen entsprechenden Kühlmittelstrom, der eine ausreichende Wärmeabfuhr gewährleistet, zu der Kraftstoff-Hochdruckpumpe liefern.

15

Zweckmäßigerweise dient als Kühlmittel Luft. Wird die erfindungsgemäße Kraftstoffzuführvorrichtung bei einem Fahrzeugmotor eingesetzt, so ist es möglich, die Kühlkanäle im Motorraum so anzurichten, dass die Umgebungsluft, die aus der 20 Fahrzeugumgebung während des Fahrbetriebs zur Kraftstoff-Hochdruckpumpe geführt wird, zur Kühlung ausreicht.

Besonders zweckmäßig ist es jedoch, wenn dem zumindest einen Kühlkanal ein Lüfter zugeordnet ist, um den Kühlluftstrom 25 durch den Kühlkanal zu erzeugen, wobei der Lüfter vorzugsweise in Abhängigkeit von der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe und der kritischen Betriebstemperatur steuerbar ist. Auf diese Weise lässt sich der Kühlluftstrom unabhängig vom Einsatzbereich des Verbrennungsmotors so steuern, 30 dass stets eine geeignete Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe erreicht werden kann.

Weist die erfindungsgemäße Kraftstoffzuführvorrichtung neben den Kühlmitteln für die Kraftstoff-Hochdruckpumpe eine umschaltbare oder variable Druckregeleinrichtung auf, so kann durch einen entsprechend hoch eingestellten Vordruck die 35 kritische Betriebstemperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe

1 so weit erhöht werden, dass eine Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe mit Hilfe des durch den Kühlkanal oder die Kühlkanäle gezielt geführten Kühlluftstroms, der gegebenenfalls mit Hilfe eines vorzugsweise steuerbaren Lüfters erzeugt wird, unter allen Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors ausreichend ist.

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe mit einem separaten Kühlmittel kann eine Dampfblasenbildung in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe verhindert werden, so dass auf eine Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe mittels eines Kraftstoff-Spülstroms, der stets eine Rücklaufleitung zum Kraftstofftank erfordert, vermieden werden kann. Die Einsparung einer derartigen Kraftstoffrücklaufleitung vereinfacht nicht nur den gesamten Aufbau der Kraftstoffzuführvorrichtung sondern erhöht auch die Sicherheit im Falle eines gefährlichen Aufpralls. Daneben wird eine unnötige Aufheizung des Kraftstoffs im Kraftstofftank durch den in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe erwärmten Kraftstoffspülstrom vermieden, so dass verringerte Verdampfungsverluste im Kraftstofftank auftreten, und damit die Aktivkohlefilter und Tankentlüftung entlastet werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zum Kühlen Kühlflüssigkeit durch den Kühlkanal als Kühlmittel zuführbar ist. Obwohl es grundsätzlich möglich ist, jede geeignete Kühlflüssigkeit zu verwenden, z. B. bei in einem Fahrzeug vorhandenem Klimasystem das Kältemittel aus dem Klimasystem zum Kühlen der Kraftstoff-Hochdruckpumpe des Fahrzeugmotors einzusetzen, ist es bevorzugt, als Kühlmittel Kühlwasser vorzusehen, wobei das Kühlwasser vorzugsweise aus dem Kühlsystem des Verbrennungsmotors abgeleitet wird.

Durch die Verwendung von Kühlwasser, insbesondere durch die Verwendung eines Kühlwasser-Teilstroms der aus dem Vorlauf des Kühlsystems des Verbrennungsmotors, also hinter dem Mo-

1 torkühler abgeleitet wird, lässt sich die Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe weiter verbessern.

Dabei ist es zweckmäßig, wenn zur Steuerung der Kühlwasserzufuhr ein Absperrventil vorgesehen ist, das von einer Steuerschaltung in Abhängigkeit von der Temperatur des Kühlwassers und von der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe betätigbar ist.

Um für den Fall, dass unter extremen Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors die Kühlung der Kraftstoff-Hochdruckpumpe nicht durchgeführt werden kann oder nicht ausreicht, eine Dampfblasenbildung zu verhindern, ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass an die Kraftstoffförderpumpe ausgangsseitig eine von einer Steuerschaltung steuerbare Druckregeleinrichtung angeschlossen ist, um den der Kraftstoff-Hochdruckpumpe niederdruckseitig zugeführten Kraftstoffdruck, also den Vordruck in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Kraftstoff-Hochdruckpumpe einstellen zu können.

Zweckmäßigerweise ist die Druckregeleinrichtung so steuerbar, dass der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zugeführte Druck auf einen ersten oder einen zweiten Wert regelbar ist. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zugeführte geregelte Druck variabel ist.

Um einen sicheren Betrieb der Kraftstoff-Hochdruckpumpe auch in Extremfällen zu gewährleisten, sind zweckmäßigerweise zumindest zwei Kühlkanäle vorgesehen, von denen der eine Luft und der andere Wasser als Kühlmittel der Kraftstoff-Hochdruckpumpe zuführt.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher er-

1 läutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisches vereinfachtes Blockbild einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführvorrichtung mit einer luftgekühlten Kraftstoff-Hochdruckpumpe,

Figur 2 ein schematisches vereinfachtes Blockbild einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführvorrichtung mit einer mit einem flüssigen Kühlmittel, wie z.B. Wasser, gekühlten Kraftstoff-Hochdruckpumpe, und

Figur 3 ein Flussdiagramm für den Betrieb einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführvorrichtung, bei der der Vordruck regelbar und die Kraftstoff-Hochdruckpumpe mit einem steuerbaren Kühlmittelstrom kühlbar ist.

In den verschiedenen Figuren der Zeichnung sind einander entsprechende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

#### 20 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Wie Figur 1 zeigt, weist eine erfindungsgemäße Kraftstoffzuführvorrichtung eine Kraftstoffförderpumpe 10 und eine Kraftstoff-Hochdruckpumpe 11 auf, um aus einem Kraftstofftank 12 Kraftstoff über ein Druckleitungssystem 13 zu einem oder mehreren Kraftstoff-Einspritzventilen 14 eines Verbrennungsmotors zu liefern. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird von einem Vierzylinderverbrennungsmotor ausgegangen, bei dem jeder Brennkammer ein Einspritzventil zugeordnet 30 ist, das Kraftstoff entweder direkt in die Brennkammer oder in deren Ansaugbereich einspritzt.

Die Kraftstoffförderpumpe 10, die in nicht näher dargestellter Weise von einem Elektromotor angetrieben wird, ist mit ihrer Druckseite über eine Druckleitung 15 mit einer Niederdruckseite der Hochdruckpumpe 11 verbunden. Die Ausgangs- oder Hochdruckseite der Hochdruckpumpe 11 ist über eine wei-

1 tere Druckleitung 16 an das Druckleitungssystem 13 ange-  
schlossen, dem ein Drucksensor 17 zugeordnet ist, dessen dem  
Kraftstoffdruck im Druckleitungssystem 13 entsprechendes  
Ausgangssignal einer Steuerschaltung 18 zugeführt ist, die  
5 in nicht näher dargestellter Weise die Betriebsbedingungen  
des Verbrennungsmotors überwacht und in Abhängigkeit davon  
die einzelnen Betriebsparameter des Verbrennungsmotors, wie  
z.B. Zündzeitpunkt, Einspritzzeitpunkt, einzuspritzende  
Kraftstoffmenge und dergleichen steuert.

10

Um über die Druckleitung 15 Kraftstoff mit einem bestimmten  
geregelten Vordruck an die Niederdruckseite der Hochdruck-  
pumpe 11 zu liefern, ist der Kraftstoffförderpumpe 10 eine  
Druckregeleinrichtung zugeordnet. Diese Druckregeleinrich-  
15 tung kann z. B. von der Kraftstoffförderpumpe 10 selbst ge-  
bildet werden, wenn deren Förderleistung einstellbar ist, um  
diese bedarfabhängig steuern zu können.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist als Druckregelein-  
richtung ein Druckregler 19 vorgesehen, der mit der Druck-  
leitung 15 über eine Leitung 20 ist verbunden. Die Auslass-  
seite des Druckreglers 19 liefert überschüssigen Kraftstoff  
zurück in den Kraftstofftank 12. Der Druckregler 19 kann da-  
bei so umschaltbar ausgebildet sein, dass er den Vordruck in  
25 der Druckleitung 15 entweder auf einem ersten, relativ nie-  
drigen Wert, z.B. etwa 3 Bar, oder auf einen zweiten relativ  
hohen Wert, z.B. 8 bis 10 Bar, begrenzt. Es ist jedoch auch  
möglich, einen Druckregler 19 vorzusehen, der so steuerbar  
ist, dass er den Vordruck in der Druckleitung 15 auf prak-  
30 tisch jeden beliebigen Wert zwischen einem ersten, relativ  
niedrigen und einem zweiten, relativ hohen Wert begrenzen  
kann. Hierzu wird der Druckregler 19 so ausgebildet, dass  
der Begrenzungsdruck, also der Druck, auf den der Vordruck  
in der Druckleitung 15 eingestellt wird, mit Hilfe der För-  
35 derleistung der Kraftstoffförderpumpe 10 einstellbar ist.

Um eine Dampfblasenbildung in der Hochdruckpumpe 11 zu ver-

1 meiden, sind ein oder mehrere Kühlkanäle 21 vorgesehen, von  
denen nur einer dargestellt ist, durch die ein Kühlmittel-  
strom gegen ein rein schematisch angedeutetes Pumpengehäuse  
22 geleitet wird. Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausfüh-  
rungsbeispiel dienen der bzw. die Kühlkanäle 21 zum Zuführen  
5 von Umgebungsluft zum Pumpengehäuse 22, das in nicht näher  
dargestellter Weise Wärmeabfuhrflächen, beispielsweise Kühl-  
rippen oder dergleichen, aufweist, an denen der durch den  
bzw. die Kühlkanäle geführten Kühlluftstrom Wärme vom Pum-  
pengehäuse aufnimmt und davon abführt.  
10

Zweckmäßigerweise ist in dem oder den Kühlkanälen ein Lüfter  
23 angeordnet, der vorzugsweise von der Steuerschaltung 18  
bedarfsabhängig gesteuert werden kann. Bei mehreren Kühlka-  
nälen ist dabei zweckmäßigerweise ein Lüfter so in einem ge-  
15 gemeinsamen Bereich der Kühlkanäle angeordnet, dass er den  
Kühlluftstrom in allen Kühlkanälen erzeugt.

Um über den von der Steuerschaltung 18 steuerbaren Lüfter 23  
20 den Kühlluftstrom bedarfsabhängig zu steuern, ist im oder am  
Pumpengehäuse 22 ein Temperaturföhler 24 zur Überwachung  
Temperatur der Hochdruckpumpe 11 angeordnet, dessen Aus-  
gangssignal der Steuerschaltung 18 zugeführt ist.  
25

Während des normalen Betriebs des Verbrennungsmotors wird  
von der Kraftstoffförderpumpe 10 unter einem relativ niedri-  
gen Vordruck stehender Kraftstoff über die Druckleitung 15  
zur Hochdruckpumpe 11 geliefert, die über das Druckleitungs-  
system 13 die Einspritzventile 14 mit unter Hochdruck ste-  
30 hendem Kraftstoff versorgt. Dabei wird die Hochdruckpumpe 11  
durch den mittels des oder der Kühlkanäle geführten Küh-  
luftstroms gekühlt, so dass die Temperatur der Hochdruckpum-  
pe unter der kritischen Betriebstemperatur, bei der eine  
Dampfblasenbildung im Kraftstoff einsetzt, gehalten wird.

35

Steigt die Temperatur der Hochdruckpumpe 11 unter bestimmten  
Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors an, so wird zu-

1 nächst die Kühlung intensiviert, indem der Lüfter 23 von der Steuerschaltung 18 eingeschaltet oder auf eine einen höheren Kühlluftstrom bewirkende höhere Betriebsstufe umgeschaltet wird.

5

Ist jedoch keine Verstärkung der Kühlung möglich, oder steigt die Temperatur des Pumpengehäuses 22 bzw. der Hochdruckpumpe 11 trotz stärkerer Kühlung weiter an und übersteigt die kritische Betriebstemperatur, so wird von der  
10 Steuerschaltung 18 eine Erhöhung des Vordrucks in der Druckleitung 15 veranlasst. Hierzu stellt die Steuerschaltung 18 eine höhere Förderleistung der Kraftstoffförderpumpe 10 ein und schaltet den Druckregler 19 so um, dass er den Vordruck  
15 in der Druckleitung 15 auf einen relativ hohen Wert begrenzt.

Wird ein Druckregler 19 verwendet, bei dem die Höhe des Begrenzungsdrucks von der Durchflussrate abhängt, so ist es möglich, durch eine entsprechende Steuerung der Förderleitung  
20 der Kraftstoffförderpumpe 10 den Vordruck in der Druckleitung 15 praktisch auf jeden beliebigen Wert zwischen dem unteren, normalen Vordruck und einem maximal zulässigen oberen Vordruck einzustellen. Dies ermöglicht es, den Vordruck in der Druckleitung 15 jeweils nur so weit zu erhöhen,  
25 dass die druckabhängige kritische Betriebstemperatur der Hochdruckpumpe gerade oberhalb der Temperatur der Hochdruckpumpe gehalten wird.

Figur 2 zeigt eine andere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführvorrichtung, bei der aus einem Tank 12 Kraftstoff von einer Förderpumpe 10 über eine Druckleitung 15 an eine Hochdruckpumpe 11 geliefert wird, die unter Hochdruck stehenden Kraftstoff über eine weitere Druckleitung 16 einem Druckleitungssystem 13 zuführt, an das ein oder mehrere Einspritzventile 14 zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennkammern eines Verbrennungsmotors oder in deren Ansaugbereich angeschlossen sind. Um den Vordruck in der Drucklei-

1 tung 15 entsprechend den Betriebsbedingungen der Hochdruckpumpe 11 einstellen zu können, ist ein Druckregler 19 über eine Leitung 20 mit der Druckleitung 15 verbunden. Der Druckregler 19 umfasst ein erstes Druckbegrenzungsventil 25, 5 dessen Einlassseite über eine Ventileinrichtung 26 und die Leitung 20 mit der Druckleitung 15 verbunden ist. Das erste Druckbegrenzungsventil 25 dient zur Begrenzung des Vordrucks auf einen ersten, niedrigen Wert während des Normalbetriebs. Parallel zum ersten Druckbegrenzungsventil 25 ist ein zweites Druckbegrenzungsventil 27 geschaltet, das den Vordruck in der Druckleitung 15 auf einen zweiten, maximalen Wert, z.B. 8 bis 10 Bar, begrenzt.

Die Ventileinrichtung 26 kann im einfachsten Fall ein Absperrventil sein, so dass der Druckregler 19 so umgeschaltet werden kann, dass er den Vordruck entweder auf den Normalwert oder auf den Maximalwert begrenzt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Ventileinrichtung 26 eine Drosseleinrichtung ist, die ein Drosselventil aufweist, das so ausgebildet 20 ist, dass der Durchflusswiderstand bei zunehmendem durchströmendem Kraftstoff überproportional zunimmt, so dass der Begrenzungsdruck in Abhängigkeit von der Förderleistung der Kraftstoffförderpumpe 10 gesteuert werden kann.

25 Zur Kühlung der Hochdruckpumpe 11 ist ein Kühlkanal 31 vorgesehen, über den ein flüssiges Kühlmittel, z.B. Kühlwasser aus dem Motorkühlsystem oder Kältemittel aus einem Kältemitteltankreislauf eines Klimagesystems, zur Hochdruckpumpe 11 geführt wird. Der Kühlkanal 31, in dem ein von einer Steuerschaltung 18 betätigbares Absperrventil 32 angeordnet ist, mündet in einen nicht näher dargestellten Kühlkanal im Inneren eines Pumpengehäuses 22 der Hochdruckpumpe 11. Der Auslass des im Pumpengehäuse 22 vorgesehenen Kühlkanals ist über eine Rücklaufleitung 33 mit dem Motorkühlsystem oder 30 dem Klimagesystem verbunden. Wird zur Kühlung der Hochdruckpumpe 11 ein Kühlwasserteilstrom aus dem Motorkühlsystem abgezweigt, so ist der Kühlkanal 31 zweckmäßigerweise mit dem

- 1 Vorlauf des Motorkühlsystems, also mit der Auslassseite des  
Motorkühlers verbunden, während die Rücklaufleitung 33  
zweckmäßigerweise vor dem Motorkühler einmündet.
- 5 Um die Temperatur der Hochdruckpumpe 11 zu erfassen, ist im  
oder - wie dargestellt - am Pumpengehäuse 22 ein Temperatur-  
fühler 24 angeordnet. Zur Erfassung der Kühlwassertemperatur  
ist ein weiterer Temperaturfühler 34 in oder am Kühlkanal 31  
angebracht. Die Ausgangssignale der Temperaturfühler 24 und  
10 34 sind an die Steuerschaltung 18 geführt.

Anhand von Figur 3 wird im folgenden die Arbeitsweise der in  
Figur 2 dargestellten Kraftstoffzuführvorrichtung während  
des normalen Betriebs eines Verbrennungsmotors beschrieben.

15 Sobald der Verbrennungsmotor gestartet ist, also sobald die  
Startphase beendet ist und die Hochdruckpumpe 11 die Ein-  
spritzventile 14 über das Druckleitungssystem 13 mit unter  
Hochdruck stehendem Kraftstoff versorgt, wird auch die Küh-  
lung der Hochdruckpumpe 11 aktiviert. Nach dem Start der  
Kühlungssteuerung wird zunächst im Schritt S11 mit Hilfe des  
Temperaturfühlers 34 die Temperatur  $T_{KS}$  des Kühlwasserstroms  
und mit Hilfe des Temperaturfühlers 24 die Temperatur  $T_{HDP}$   
erfasst. Im Schritt S12 wird festgestellt, ob die Temperatur  
25  $T_{KS}$  des Kühlwassers höher ist als die Temperatur  $T_{HDP}$  der  
Hochdruckpumpe 11. Da dies normalerweise nicht der Fall ist,  
geht die Steuerung weiter zum Schritt S13, in dem überprüft  
wird, ob der Kühlstrom geöffnet ist, also ob das Absperrven-  
til 32 im Kühlkanal 31 geöffnet ist. Ist dies nicht der  
30 Fall, so wird das Absperrventil 32 geöffnet. Danach wird im  
Schritt S14 festgestellt, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hoch-  
druckpumpe 11 höher ist als eine erste kritische Betrieb-  
stemperatur  $T_{k1}$ . Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt  
35 S15 überprüft, ob der niedrige Vordruck in der Druckleitung  
15 eingestellt ist und, falls nicht, eingestellt. Im Schritt  
S16 wird somit der Normalbetrieb erkannt und die Steuerung  
kehrt zum Schritt S11 zurück, um erneut die Temperatur  $T_{KS}$

1 des Kühlwassers und die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe zu erfassen.

Wird im Schritt S14 festgestellt, dass die Temperatur  $T_{HDP}$  5 der Hochdruckpumpe 11 höher ist als die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$  so geht die Steuerung weiter zu Schritt S17 und erhöht den Vordruck in der Druckleitung 15 durch eine entsprechende Steuerung des Druckreglers 19 und/oder der Kraftstoffförderpumpe 10. Sobald der Vordruck erhöht ist, 10 wird mit der Temperaturüberwachung in Schritt S11 fortgefahren.

Wird unter extremen Betriebsbedingungen festgestellt, dass die Temperatur  $T_{KS}$  15 des Kühlwasserstroms höher ist als die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11, so verzweigt die Steuerung im Schritt S12 zum Schritt S18 und sperrt den Kühlstrom mit Hilfe des Absperrventils 32 ab. Anschließend wird im Schritt S19 überprüft, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  höher 20 ist als die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$ . Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt S15' der niedrige Vordruck eingestellt und die Steuerung fährt mit der Temperaturüberwachung fort.

Übersteigt jedoch die Temperatur  $T_{HDP}$  25 der Hochdruckpumpe 11 die kritische Betriebstemperatur  $T_{k1}$ , so wird im Schritt S17' durch die Steuerschaltung 18 mit Hilfe des Druckreglers 19 und/oder der Kraftstoffförderpumpe 10 der Vordruck in der Druckleitung 15 erhöht. Anschließend wird wiederum im Schritt S11 mit der Temperaturüberwachung fortgefahren.

30

Ist bei der in Figur 2 dargestellten Kraftstoffzuführvorrichtung zusätzlich zu dem gezeigten Kühlmittelstrom eine Luftkühlung mit einem von der Steuerschaltung 18 steuerbaren Lüfter 23 vorgesehen, wie sie in Figur 1 dargestellt ist, so 35 wird beim Betrieb der Kraftstoffzuführvorrichtung nach einer Vordruckerhöhung im Schritt S17 oder S17' zunächst noch überprüft, ob die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11 gr-

1 ßer ist als eine zweite höhere kritische Betriebstemperatur  $T_{k2}$ . Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt S21 der Lüfter ausgeschaltet oder ausgeschaltet gehalten, und die Steuerung kehrt zurück zur Temperaturüberwachung in Schritt 5 S11. Wird jedoch im Schritt S20 festgestellt, dass die Temperatur  $T_{HDP}$  der Hochdruckpumpe 11 höher ist als die zweite obere kritische Betriebstemperatur  $T_{k2}$ , so wird im Schritt S22 der Lüfter 23 zugeschaltet, um anschließend im Schritt S11 mit der Temperaturüberwachung fortzufahren.

10

Bei der beschriebenen Betriebsweise der erfindungsgemäßen Kraftstoffzuführvorrichtung ist die Dauer der Kühlstromabserrung, der Vordruckerhöhung und die Dauer des Lüfterbetriebs abhängig von den Temperaturbedingungen. Es ist jedoch 15 auch möglich, mit Hilfe von entsprechenden Zeitgebern eine feste oder eine variable Zeitdauer für die Kühlstromabsperzung, die Vordruckerhöhung und den Lüfterbetrieb vorzugeben. Dabei kann auch der vom Betrieb des Verbrennungsmotors abhängige Kraftstoffdurchsatz durch die Hochdruckpumpe 11, der 20 eine zusätzliche Kühlung der Hochdruckpumpe 11 bewirkt, berücksichtigt werden.

Da die kritischen Betriebstemperaturen  $T_{k1}$  und  $T_{k2}$  nicht nur vom von Außen wirkenden Vordruck, sondern vorrangig vom 25 Dampfdruck des Kraftstoffs und insbesondere vom Dampfdruck der einzelnen Kraftstoffbestandteile und damit auch von der Kraftstoffzusammensetzung abhängen, erfolgt die Festlegung der für den Betrieb der Hochdruckpumpe 11 kritischen Betriebstemperaturen  $T_{k1}$ ,  $T_{k2}$  unter Berücksichtigung des jeweiligen aktuellen Vordrucks und unter Berücksichtigung des 30 eingesetzten Kraftstoffs mit einer entsprechenden Sicherheitsreserve. Zur Berücksichtigung des jeweiligen Kraftstoffs bei der Festlegung der kritischen Betriebstemperaturen könnte beispielsweise über eine Betankungserkennung, für 35 die z.B. ein Tankstandgeber ausgewertet wird, verdampfungsfreudiger Frisch-Kraftstoff erkannt und berücksichtigt werden. Ist dabei der Kraftstoffdampfdruck durch Modell oder

- 1 Messung bekannt, so ist eine genauere Anpassung der kritischen Betriebstemperaturen an den jeweiligen Siedepunkt des Kraftstoffs möglich.
- 5 Anstelle der dargestellten direkten Messung der Temperaturen  $T_{KS}$  und  $T_{HDP}$  des Kühlstroms bzw. der Hochdruckpumpe 11 können diese Temperaturen unter Verwendung geeigneter Modelle auch aus bekannten Größen, wie z.B. Motortemperatur, Ansauglufttemperatur, Fahrzeuggeschwindigkeit, Ansteuerung des Motorlüfters usw. abgeschätzt werden.

Durch die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung der Hochdruckpumpe 11 wird deren Temperatur  $T_{HDP}$  während des größten Teils der Betriebszeit des Verbrennungsmotors unterhalb der 15 ersten kritischen Betriebstemperatur  $T_{k1}$  gehalten. Somit ist während des größten Teils der Motorbetriebsdauer ein niedriger Vordruck ausreichend. Nur unter extremen Betriebsbedingungen muss also eine Druckumschaltung vorgenommen werden. Dadurch wird insbesondere die Belastung der mit einem Elektromotor arbeitenden Kraftstoffförderpumpe 10 erheblich reduziert, so dass deren Lebensdauer erhöht wird. Darüber hinaus wird auch die mittlere Leistungsaufnahme der Kraftstoffförderpumpe 10, also des die Kraftstoffförderpumpe 10 antreibenden Elektromotors deutlich reduziert, wodurch die 20 25 Bordnetzbelastung, der Kraftstoffverbrauch und eine Tankaufheizung vermindert werden.

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einer Kraftstoffförderpumpe (10), die unter Vordruck stehenden Kraftstoff einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zuführt, die hochdruckseitig mit wenigstens einem Einspritzventil (14) verbunden ist, um dem oder den Einspritzventilen (14) unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) ein Kühlmittelstrom über zummindest einen Kühlkanal (21, 31) zuführbar ist, um die Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) unterhalb einer kritischen Betriebstemperatur ( $T_K1$ ) zu halten.
2. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zum Kühlen Luft durch den Kühlkanal (21) als Kühlmittel zuführbar ist.
3. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem zumindest einem Kühlkanal ein Lüfter (23) zugeordnet ist, um den Kühlluftstrom durch den Kühlkanal (21) zu erzeugen.
4. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Lüfter (23) in Abhängigkeit von der Temperatur der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) und der kritischen Betriebstemperatur ( $T_K$ ) steuerbar ist.
5. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zum Kühlen eine Kühlflüssigkeit durch den Kühlkanal (31) als Kühlmittel zuführbar ist.
6. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlmittel Kühlwasser aus dem Kühlsy-

1 stem des Verbrennungsmotors abgeleitet wird.

7. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung der Kühlmittelzufuhr ein Absperrventil (32) vorgesehen ist, das von einer Steuerschaltung (18) in Abhängigkeit von der Temperatur ( $T_{KS}$ ) des Kühlmittels und von der Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) betätigbar ist.

10 8. Kraftstoffzuführvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoffförderpumpe (10) eine Druckregeleinrichtung (19) zugeordnet ist, um den der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) niederdruckseitig zugeführten Kraftstoffdruck einstellen zu können.

15

9. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckregeleinrichtung einen ausgangsseitig an die Kraftstoffförderpumpe (10) angeschlossenen Druckregler (19) umfasst, der von einer Steuerschaltung 20 steuerbarer ist.

10. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) so steuerbar ist, dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe 25 (11) zugeführte Druck auf eine ersten oder einen zweiten Wert begrenzbar ist.

11. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) so steuerbar ist, 30 dass der der Niederdruckseite der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zugeführte Druck variabel regelbar ist.

12. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckregler (19) ein erstes 35 und ein zweites Druckbegrenzungsventil (25, 27) aufweist, die parallel geschaltet sind, und eine Druckbegrenzung auf einen ersten bzw. einen zweiten Druck ermöglichen.

1 13. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein von der Steuerschaltung (18) betätigbares Absperrventil (26) mit dem Druckbegrenzungsventil (25) für den niedrigen Druck in Reihe geschaltet ist.

5

14. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine steuerbare Drosseleinrichtung mit dem Druckbegrenzungsventil (25) für den niedrigen Druck in Reihe geschaltet ist.

10

15. Kraftstoffzuführvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosseleinrichtung ein Drosselventil aufweist, das so ausgebildet ist, dass der Druchflusswiderstand bei zunehmendem durchströmenden Kraftstoff überproportional zunimmt.

16. Kraftstoffzuführvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Kühlkanäle (21, 31) vorgesehen sind, von denen der eine (21) 20 Luft und der andere (31) Wasser als Kühlmittel der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zuführen.

25

30

35

**ZUSAMMENFASSUNG**

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffzuführvorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einer Kraftstoffförderpumpe (10), die unter Vordruck stehenden Kraftstoff einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) zuführt, die hochdruckseitig mit 5 wenigstens einem Einspritzventil (14) verbunden ist, um diesen unter Hochdruck stehenden Kraftstoff zuzuführen. Um in der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) eine deren Förderleistung und Druckerzeugung beeinträchtigende Dampfblasenbildung zu vermeiden, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) ein Kühlmittelstrom über zum mindest 10 einen Kühlkanal (21) zuführbar ist, um die Temperatur ( $T_{HDP}$ ) der Kraftstoff-Hochdruckpumpe (11) unterhalb einer kritischen Betriebstemperatur ( $T_{K1}$ ) zu halten.

15 (Figur 1)

20

25

30

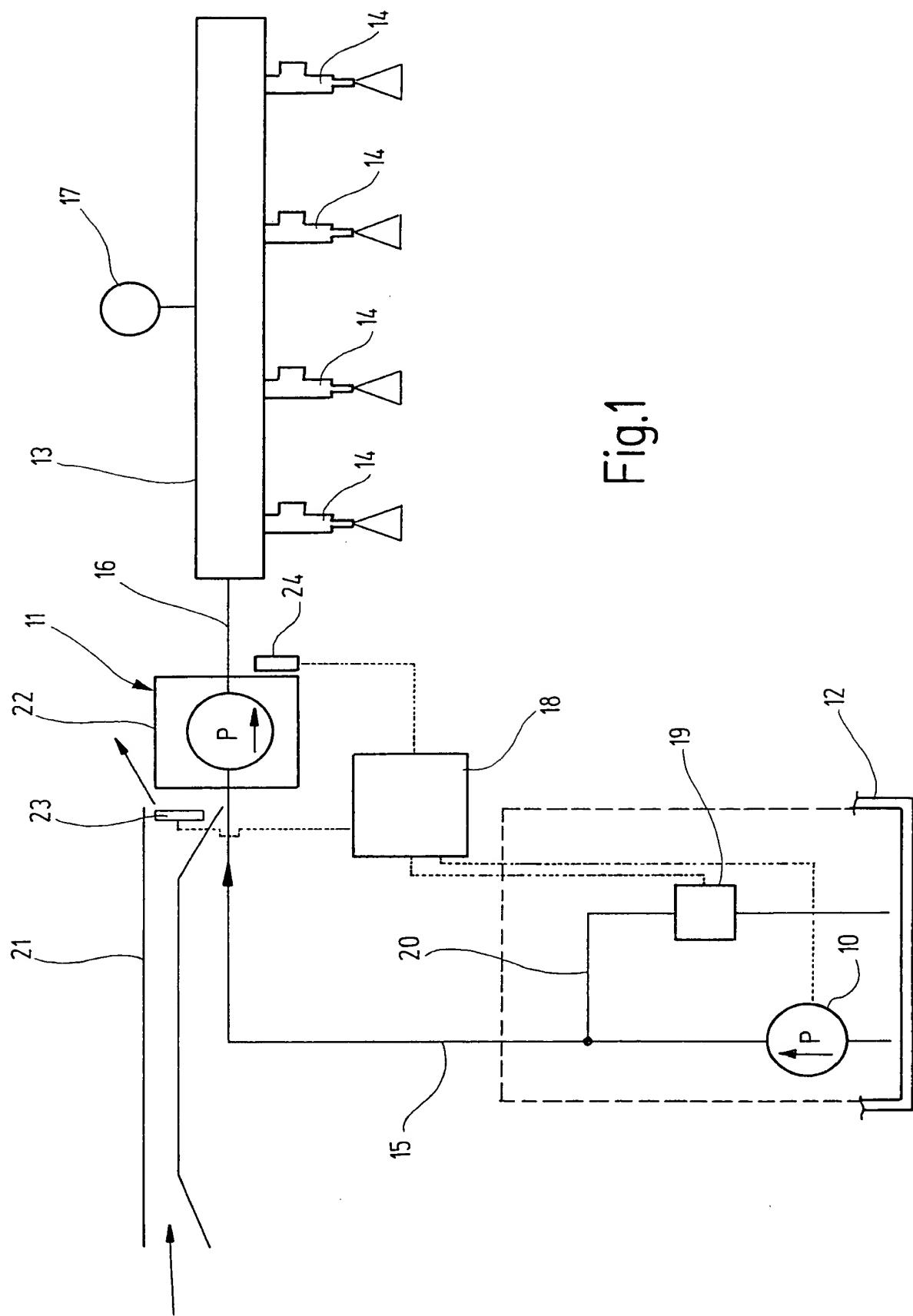


Fig. 1

2 / 3

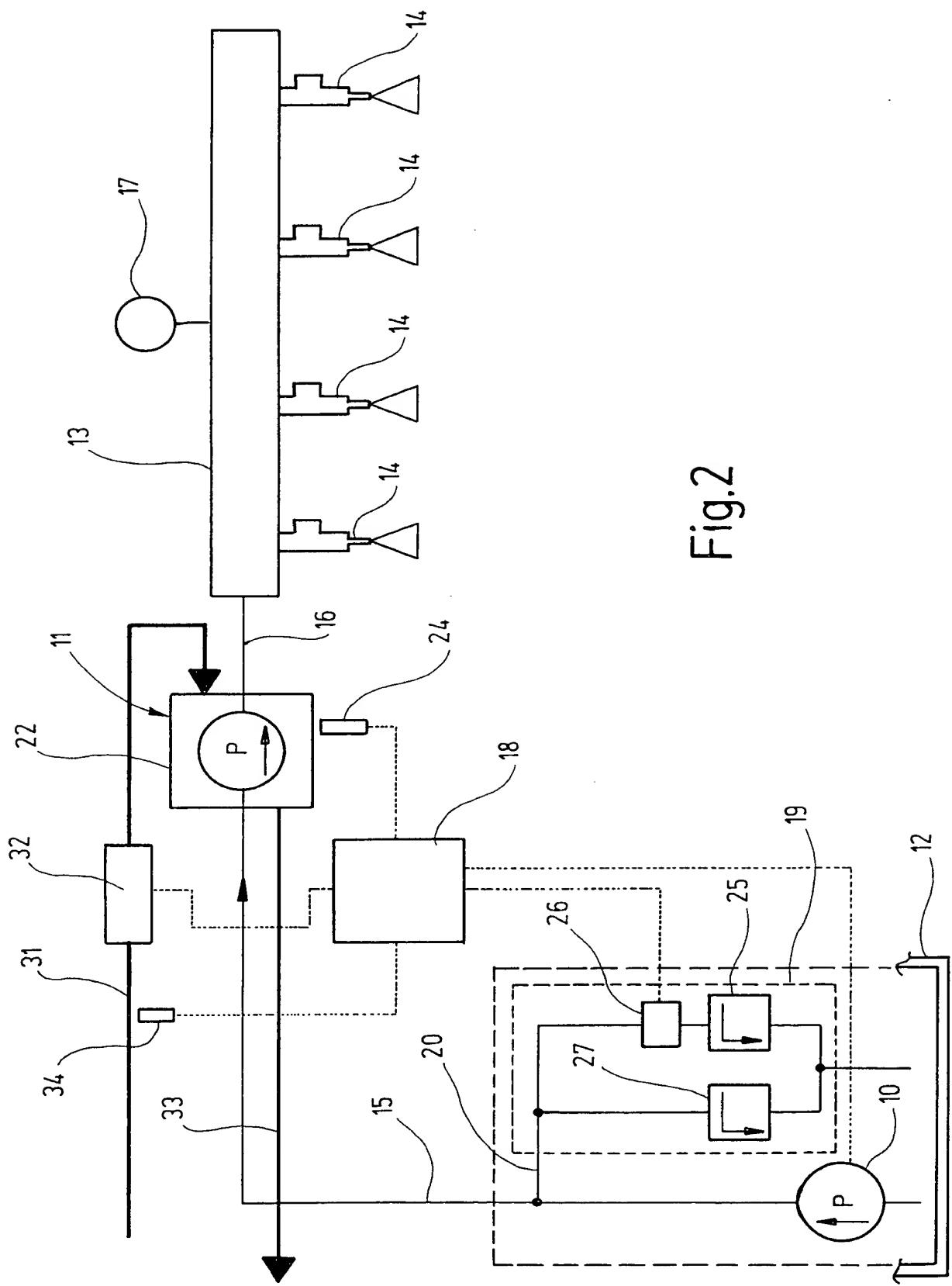


Fig.2

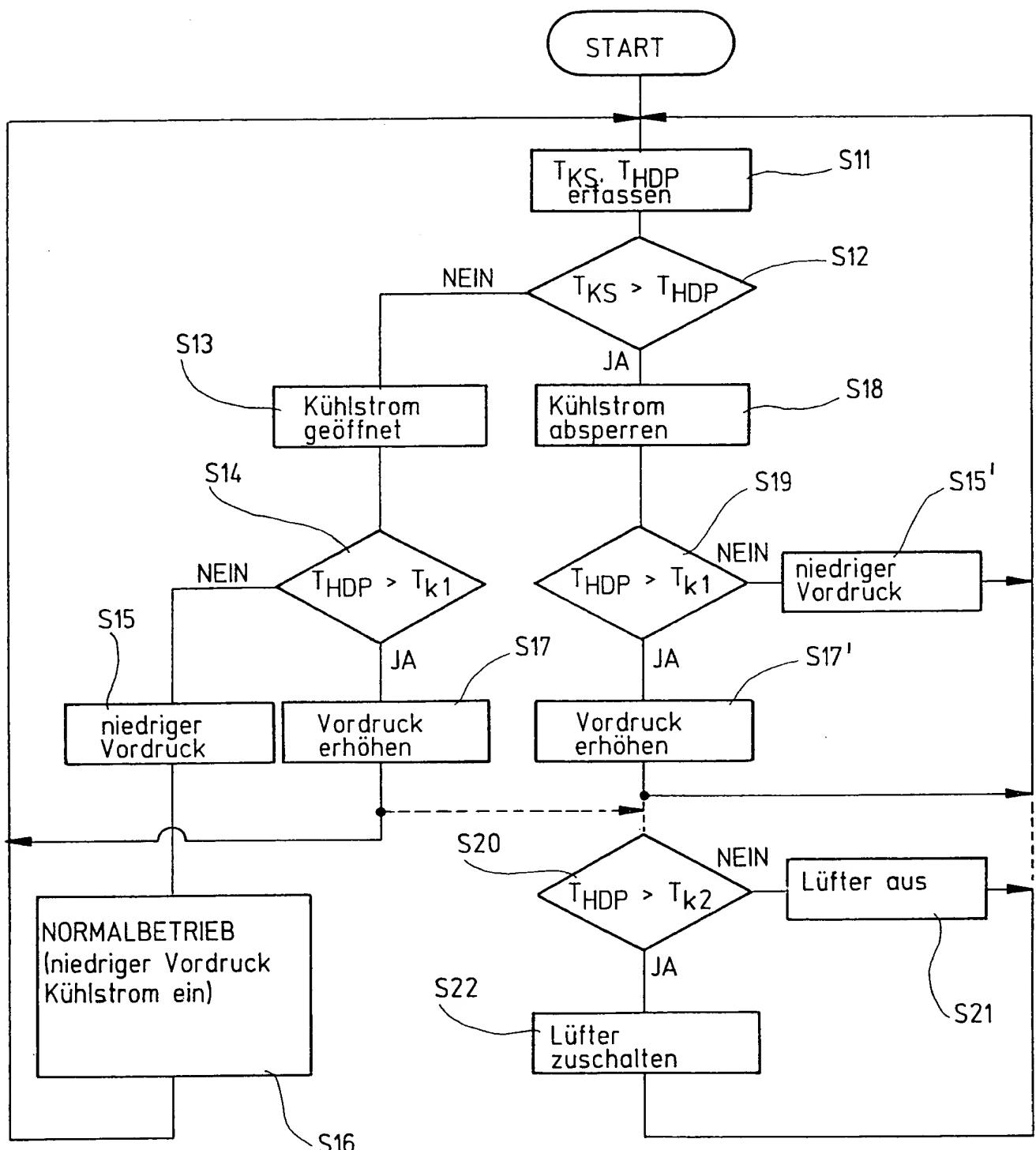


Fig.3